

cl
Bibliotheek
Proefstation
Naaldwijk

$\frac{A}{2}$

E

30

OEFSATION VOOR DE GROENTEN- EN FRUITTEELT ONDER GLAS,
NAALDWIJK.

Rapport i.v.m. de verzouting van de Rijn, 1960.

door:

ir. J. v. d. Ende

Naaldwijk, 1961.

073 5263

2010 (202.243.1)

555

9 OCT 61

Bibliothèque
Proefstation voor de Groenten- en
Fruittenteelt onder Glas te Naaldwijk.

Proefstation voor de Groenten- en Fruittenteelt onder Glas te Naaldwijk.

Ir. J. van den Ende

Inleiding.

Versouting van ~~de~~ grond treedt voornamelijk op in aride gebieden. Zij wordt veroorzaakt, doordat met water meegevoerde zouten accumuleren in de teellaag. De zouten zijn of afkomstig van het irrigatiewater of van het opstijgende grondwater. Het laatste is alleen van betekenis bij een hoge grondwaterstand. Uiteraard kan ook de bemesting tot de versouting bijdragen. Met behulp van chemisch grondonderzoek kan dit echter worden voorkomen.

In humide gebieden overweegt de neerslag de evapotranspiratie, waardoor de zouten worden uitgespoeld. Dit vindt voornamelijk plaats in de winter. In aride gebieden ontbreekt de natuurlijke doorspoeling. Ter bestrijding van de versouting moet de grond hier kunstmatig worden doorgespoeld. De mogelijkheden van de kunstmatige doorspoeling kunnen worden beperkt door factoren zoals een hoog zoutgehalte van het te gebruiken water, een geringe doorlatendheid van de grond en een hoge grondwaterstand. Wanneer dat economisch verantwoord is, kan het laatste genoemde bezwaar echter worden opgeheven door drainering van de grond met aarden buizen. Ook het bezwaar van een geringe doorlatendheid van de grond wordt door deze maatregel verminderd.

De kasteelten worden begrijpelijkerwijs hoofdzakelijk in koele, humide gebieden aangetroffen. Door de uitsluiting van de neerslag en de verhoging van de temperatuur komt het kasklimaat echter overeen met dat van aride gebieden. De kwaliteit van het irrigatiewater is dan ook voor de kasteelten van groot belang.

In westelijk Nederland wordt voor de irrigatie in kassen het water uit kanalen en sloten gebruikt. In het verleden is door een verontreiniging van deze watergangen met zeewater herhaald nadeel van versouting van de kasgronden ondervonden, speciaal in de droge zomers van

1947 en 1949. Gebaseerd op een economischer gebruik van het water van de Rijn is en wordt de verontreiniging met zeewater door de aanleg van talrijke waterbouwkundige werken bestreden.

Helaas is de laatste jaren gebleken, dat er ook met het Rijnwater zich verzoutingsproblemen zijn gaan voordoen. Hiermede wordt de mogelijkheid om het zoutgehalte van het water in de kanalen en sloten voldoende laag te houden definitief bedreigd. Tengevolge van de relatie tussen evapotranspiratie en neerslag en van de optredende natijling heeft deze bedreiging vooral betrekking op de zomer- en najaarsmaanden.

Kwaliteitsbeoordeling van irrigatiewater door het United States Salinity Laboratory.

Het United States Salinity Laboratory heeft met de beoordeling van de kwaliteit van rivierwater voor landbouwkundige doeleinden een grote ervaring. Volgens de staf van dit laboratorium is de bepaling van de volgende grootheden het meest van belang (13).

1. Totale concentratie aan opgeloste zouten.
2. Verhouding van natrium tot andere kationen.
3. Verhouding van bicarbonaat tot calcium plus magnesium.
4. Gehalte aan borium of andere toxische elementen.

1 Totale concentratie aan opgeloste zouten.

De totale concentratie aan opgeloste zouten wordt voor de indeling naar zoutklassen uitgedrukt in de elektrische geleidbaarheid. Met uitzondering van water van éénszijdige chemische samenstelling is het verband tussen deze twee grootheden zeer nauw. De samenstelling van het Rijnwater kan in dit verband normaal worden genoemd.

Op basis van de geleidbaarheid in micromho's/cm bij 25°C wordt geënclassificeerd volgens tabel 1. Ter vergelijking zijn ook de bijbehorende zoutconcentraties in p.p.m. vermeld.

Tabel 1. Classificatie van irrigatiewater naar het zoutgehalte.

Zoutklasse	Geleidbaarheid in microhmho's	Zoutconcentratie in p.p.m.
laag	< 250	< 160
matig	250 - 750	160 - 480
hoog	750 - 2250	480 - 1440
zeer hoog	2250 <	1440 <

II Verhouding van natrium tot andere kationen.

De verhouding van natrium tot andere kationen is van belang in verband met de vorming van natriumgronden. Deze gronden hebben last van structuurverval, terwijl ook vaak de pH te hoog oploopt. Het structuurverval treedt vooral op bij gronden, die een hoog kleigehalte bezitten en een laag gehalte aan organische stof.

Daar kalium gewoonlijk slechts in kleine hoeveelheden aanwezig is, wordt de classificatie naar het natriumbezwaar in overeenstemming met de adsorptieverschijnselen gebaseerd op de Sodium Adsorption Ratio (S A R), die wordt gedefinieerd volgens de formule

$$S A R = \frac{Na^{+}}{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}$$

waarin Na^{+} , Ca^{++} en Mg^{++} zijn uitgedrukt in milligrammequivalenten per liter (meq.). Bij gelijke S A R voert een hoge zoutconcentratie sneller tot de instelling van het adsorptie-evenwicht dan een lage zoutconcentratie. Bij lage concentratie kan dan ook een hogere S A R worden toegelaten dan bij hoge concentratie (zie tabel 2).

Tabel 2. Classificatie van irrigatiewater naar het natriumbeswaar op basis van S A R-waarden.

Natriumklasse	Geleidbaarheid in micromho's		
	250	750	2250
laag	< 8.2	< 6.1	< 4.0
matig	8.2 - 15.4	6.1 - 12.2	4.0 - 9.0
hoog	15.4 - 22.6	12.2 - 18.3	9.0 - 14.0
zeer hoog	22.6 <	18.3 <	14.0 <

Op 10 december 1957 was de S A R van het Rijnwater 3.3 (zie tabel 3). Dit wijst er op, dat het water van de Rijn voor wat betreft de structuur van de grond wellicht geen problemen met zich mede brengt.

Het kaliumgehalte is bij het in tabel 3 vermelde onderzoek niet bepaald. De goede overeenstemming tussen de anionen- en kationensom, resp. 12.04 en 12.14 meq., doet vermoeden, dat het kaliumgehalte laag was. De voor water van niet - éénzijdige chemische samenstelling geldende formule

$$\text{kationensom (meq.)} \times 64 = \text{soutconcentratie (p.p.m.)}$$

~~ging~~

ging bevredigend op $(12.14 \times 64 = 777)$.

Tabel 3. Chemische samenstelling van het Rijnwater te Vreeswijk op 10 december 1957.

	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	Ca	Mg	Na	NH ₄	totaal
p.p.m.	236	111	181	6	99	14	134	4	785
meq.	6.66	2.31	2.97	0.10	4.94	1.15	5.83	0.22	

III Verhouding van bicarbonaat tot calcium plus magnesium.

Bij water dat veel bicarbonaat bevat, hebben calcium en magnesium bij het geconcentreerder worden van de bodemoplossing de neiging om als carbonaten neer te slaan. Deze reactie verloopt gewoonlijk niet volledig, maar voor zover zij plaats grijpt, worden de calcium- en magnesiumconcentraties verlaagd en wordt dus de relatieve natriumconcentratie verhoogd.

De classificatie naar het bicarbonaatbeswaar wordt gebaseerd op het Residual Sodium Carbonate (R S C), dat wordt gedefinieerd volgens de formule

$$R S C = (CO_3^{--} + HCO_3^{--}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

waarin CO_3^{--} , HCO_3^{--} , Ca^{++} en Mg^{++} zijn uitgedrukt in meq. Water met een R S C van groter dan 2.5 meq. is voor irrigatiedoeleinden onbruikbaar, terwijl een R S C van kleiner dan 1.25 meq. waarschijnlijk geen grote moeilijkheden veroorzaakt.

Het Rijnwater had op 10 december 1957 een negatieve R S C van 3.12 meq. (zie tabel 3). Ook dit wijst er op, dat het water van de Rijn voor de structuur van de grond wellicht geen problemen oplevert. Het carbonaatgehalte is bij het in tabel 3 vermelde onderzoek weliswaar niet bepaald, maar dit gehalte is gewoonlijk zeer laag, tensij dat de pH zeer hoog is.

IV. Gehalte aan borium of andere toxische elementen.

Borium is voor de plantegroei een essentieel microëlement. Het is echter reeds in zeer lage concentraties toxisch. Wilcox(15) heeft de tolerantiegrenzen voor borium recent nader gepreciseerd. Tabel 4 is aan zijn gegevens ontleend; alleen die fruit- en groentegewassen zijn overgenomen, die in Nederland onder glas worden geteeld.

Tabel 4. In irrigatiewater toelaatbare boriumgehalten voor gewassen met uiteenlopende boriumtolerantie.

gevoelig	minder gevoelig	minst gevoelig
0.3 p.p.m. B	1.0 p.p.m. B	2.0 p.p.m. B
persik	paprika	wortel
druif		sla
pruin	radijs	
boon	tomaat	
1.0 p.p.m. B	2.0 p.p.m. B	4.0 p.p.m. B

Zoals uit tabel 4 blijkt, zijn de tolerantiegrenzen voor borium zeer laag. Een boriumgehalte van het irrigatiewater van 1 p.p.m. kan bij

gevoelige gewassen reeds belangrijke schade veroorzaken. Boriumpzouten bezitten bovendien het nadeel, dat zij zich minder goed laten uitspoelen dan andere zouten.

Door het ontbreken van gegevens kan het water van de Rijn nog niet op het boriumbeswaar worden getoetst. Zo niet actueel dan is dit beswaar door de verontreiniging met stedelijk en industrieel afvalwater in elk geval potentiëel aanwezig. Het verdient dan ook aanbeveling om het boriomgehalte van het Rijnwater regelmatig te gaan bepalen.

Van de onder I t/m III behandelde grootheden is de totale concentratie aan opgeloste zouten voor het Rijnwater het meest van belang. De in tabel 1 vermelde zoutklassen voor irrigatiewater zijn gebaseerd op de verzoutingsklassen voor grond. Alvorens hierop in te gaan zal eerst worden stilgestaan bij de oorzaken van slechte groei op zoute grond.

Oorzaken van slechte groei op zoute grond.

Wanneer het onder II en III besproken natriumbeswaar zich niet voordoet, zijn de oorzaken van slechte groei op zoute grond:

1. Geringe fysiologische beschikbaarheid van het bodenvocht door een hoge osmotische waarde hiervan.
2. Opname door de plant van toxische hoeveelheden van de verschillende ionen.

Over de nadelige effecten van verzouting bestaat er een uitgebreide literatuur, die o.a. door Hayward en Wadleigh (8) en Hayward en Bernstein (7) is samengevat.

In sandculturen is voor talrijke gewassen gevonden, dat de groei-belemmering vrijwel rechtlijnig toeneemt met de osmotische waarde van de cultuuroplissing. Op basis van een gelijke osmotische waarde zijn sulfaten voor veel gewassen even schadelijk als chloriden. Andere gewassen zijn gevoeliger voor chloriden, weer andere voor sulfaten. De grotere schadelijkheid van het ene ion ten opzichte van het andere moet aan een toxische werking van het betreffende ion worden toegeschreven.

Uit het voorgaande blijkt, dat het niet juist is om zoutschade met chlorideschade gelijk te stellen. In de grond wordt door de aanwezigheid van calcium de oplosbaarheid van de sulfaten echter wel beperkt.

Van de gewassen die in Nederland onder glas worden geteeld, zijn de persik, de pruim en de boon gevoeliger voor chloride dan voor sulfaat. Het laatste gewas is tevens gevoelig voor bicarbonaat. Voor spinazie en tomaat is een kleine hoeveelheid chloride wel gunstig. Bij grotere hoeveelheden, zoals die in zoute gronden voorkomen, wordt dit gunstige effect echter overheerst door het osmotische effect. De tomaat is evenwel gevoeliger voor sulfaat dan voor chloride.

Magnesiumzouten zijn veelal schadelijker dan natrium- en calciumzouten. Ook van calcium worden wel toxische werkingen gemeld. Persik, pruim en boon zijn gevoelig voor natrium. Deze natriumtoxiciteit treedt reeds op, wanneer het onder II en III besproken natriumbeswaar zich nog niet voordoet (zie ook Pearson, 10). Voor spinazie is natrium wel gunstig. Bij grotere natriumhoeveelheden wordt dit gunstige effect echter spoedig overschaduwd door het osmotische effect.

De toxiciteit van magnesium en natrium kan soms worden verminderd door toevoeging van calcium. Dit is speciaal het geval voor zogenaamde één-zout-oplossingen. Wanneer het irrigatiewater reeds een flinke calciumhoeveelheid bevat, is het gunstige effect van een toevoeging van calcium gering en wordt dit overheerst door het ongunstige effect van de toename van de osmotische waarde. De handhaving van een ruime kalktoestand van de grond is in dit verband echter wel aan te bevelen.

De wederkerige beïnvloeding van de verschillende anionen is gering. De toxiciteit van chloride of sulfaat kan dus niet worden verminderd door toevoeging van andere anionen. Daar de toxische werking van sulfaat en bicarbonaat kan berusten op een verminderde beschikbaarheid van het calcium, is ook in dit opzicht de handhaving van een ruime kalktoestand van de grond aan te raden.

Hayward en Wadleigh concluderen, dat het osmotische effect vaak van meer belang is dan het voor de verschillende ionen specifieke, toxische effect. Dit is geconstateerd voor de tomaat, maar ook voor de chloride- en natriumgevoelige boon en persik.

Het verband tusseen het zoutgehalte van het irrigatiewater en dat van de grond (U.S.Salinity Laboratory, 13).

De verzoutingstoestand van grond wordt bepaald door meting van de elektrische geleidbaarheid van het verzadigingsextract. Het vochtgehalte bij verzadiging is ongeveer twee keer zo groot als bij veldcapaciteit.

Het verband tussen de geleidbaarheid en de osmotische waarde van het verzadigingsextract is vrij nauw en wordt weergegeven met de formule

$$\text{osmotische waarde (atm.)} = 0.36 \times \text{geleidbaarheid (millimho's/cm bij } 25^{\circ}\text{C.)}$$

Alleen bij éénszijdige chemische samenstelling kunnen er zich afwijkingen van deze formule voordoen. Voor een keukensoutoplossing, die bij gelijke geleidbaarheid een hogere osmotische waarde bezit dan oplossingen van andere voor de versouting van belang zijnde zouten, is de formulefactor bijvoorbeeld 0.38.

De door het U.S. Salinity Laboratory voor de geleidbaarheid van het verzadigingsextract aangehouden klassengrenzen zijn 2, 4, 8 en 16 millimho's. De relatie tussen deze grenzen en de in tabel 1 vermelde klassengrenzen \times voor irrigatiewater kan tot uitdrukking worden gebracht in de Leaching Requirement (L R), waarmede wordt aangegeven het percentage van het irrigatiewater dat moet doorspoelen, om te voorkomen dat de grond zouter wordt dan kan worden toegelaten.

Tabel 5. L R-waarden bij uiteenlopende geleidbaarheid van het irrigatie- en drainagewater.

Geleidbaarheid irrigatiewater	Percentage van het irrigatiewater dat moet doorspoelen, om te voorkomen dat de geleidbaarheid van het drainage- water hoger wordt dan			
	millimho's			
micromho's	2	4	8	16
250	12.5	6.3	3.1	1.6
750	37.5	18.8	9.4	4.7
2250	x	56.3	28.1	14.1

x geleidbaarheid irrigatiewater reeds hoger dan de gestelde eis

De berekening van de in tabel 5 vermelde LR -waarden is gebaseerd op een continue doorstroming. Hoewel de doorstroming in de praktijk discontinu verloopt, geven de LR- waarden toch wel een inzicht. Zij zijn wellicht iets te hoog. Het gewas neemt namelijk wat zouten op, terwijl er ook wat zout, zoals carbonaat, in de grond kan neerslaan.

Indeling van de gewassen naar zoutgevoeligheid.

Op het U.S. Salinity Laboratory wordt de indeling van de gewassen naar zoutgevoeligheid gebaseerd op een opbrengstreductie van 50 %. Tabel 6 is ontleend aan de recente gegevens van Wilcox (14); alleen die fruit- en groentegewassen zijn overgenomen, die in Nederland onder glas worden geteeld.

Tabel 6. Indeling van groente- en fruitgewassen naar zoutgevoeligheid.
Plaatsing van de gewassen gebaseerd op 50 % opbrengstreductie.

Gelaidbaarheid verzadigingsextract in millimho's	
$\frac{1}{2} < 2$	In deze klasse door Wilcox geen gewassen vermeld
2 - 4	Zeer zoutgevoelig: aardbei, perzik, pruim, boon , radijs <i>boon, radijs</i>
4 - 8	Zoutgevoelig: druif, meloen komkommer, peen, paprika, sla Matig zoutgevoelig: bloemkool, tomaat
8 - 16	Weinig zoutgevoelig:
16 <	Alleen bepaalde planten van natuurlijke begroeiingen

Ook in Nederland is er over de zoutgevoeligheid van gewassen veel ervaring opgedaan. Aan de hand van proefnemingen op gronden, die met zeewater overstroomd zijn geweest, is door Van den Berg (1) een zouttolerantietabel voor akkerbouwgewassen samengesteld en door Van Dam (3) voor groentegewassen. De gewassenvolgorde van Van den Berg stemt goed overeen met die van Wilcox. Op een enkele uitzondering na is dit ook voor de gewassenvolgorde van Van Dam het geval. Radijs is volgens hem matig zoutgevoelig en sla zeer zoutgevoelig, nog gevoeliger dan ~~sla~~ *aardbei* en boon.

Ook op het te Naaldwijk gelegen Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas wordt sla als het meest zoutgevoelige groentegewas beschouwd. Dat de Amerikaanse en Nederlandse ervaringen op dit punt enigszins uiteenlopen, zal het gevolg zijn van een verschil in slatype. In verband met de voorkeur van de Europese markt wordt in Nederland een andere sla geteeld dan in de Verenigde Staten. De grotere zoutgevoeligheid van deze sla berust op een grotere gevoeligheid voor het randen, een fysiogene ziekte die de sla zo niet waardeloos dan toch zeer minderwaardig maakt.

In de zouttolerantietafel van Wilcox zijn geen bloemgewassen vermeld. Penningsfeld (11) heeft door middel van sand- en turfculturen, waarbij de concentratie aan voedingssouten werd gevarieerd, naar de zoutgevoeligheid van bloemgewassen een uitvoerig onderzoek ingesteld. Tabel 7 is aan zijn gegevens ontleend; de gewassen die zijn overgenomen, worden alle in Nederland onder glas geteeld.

Tabel 7. Indeling van bloemgewassen naar zoutgevoeligheid.

Osmotische waarde voedingsooplossing	
0.15 - 0.6 atm.	<p>Zeër zoutgevoelig:</p> <p>Azalea, Anthurium, Phalaenopsis</p> <p>Cattleya, Primula</p>
0.3 - 1.2 atm.	<p>Zoutgevoelig:</p> <p>Freesia, Lathyrus, Gerbera</p> <p>Anemone, Cyclamen, Rosa</p>
0.9 - 1.8 atm.	<p>Matig zoutgevoelig:</p> <p>Felargonium, Hydrangea</p> <p>Dianthus, Chrysanthemum</p>

De indeling van tabel 7 is in goede overeenstemming met de ervaringen, die op het Proefstation te Naaldwijk en op het te Aalsmeer gelegen Proefstation voor de Bloemisterij zijn opgedaan. Bij de raadpleging van de klassegrenzen moet er rekening mede worden gehouden, dat de jonge planten in het algemeen zoutgevoeliger zijn dan de oudere. Voor Azalea, Cyclamen en Chrysanthemum worden als vertegenwoordigers van de drie klassen de

volgende opbrengstgegevens vermeld:

Isalea ; ± 60 % opbrengstreductie bij 0.6 atm.

Cyclamen ; ± 30 % opbrengstreductie bij 1.2 atm.

Chrysanthemum ; ± 30 % opbrengstreductie bij 2.1 atm.

Wilcox (zie tabel 6) geeft aan, dat voor zeer zoutgevoelige fruit- en groentegewassen 50 % opbrengstreductie correspondeert met een geleidbaarheid van het verzadigingsextract van 2 - 4 millimho's, ofwel met ± 4 - 8 millimho's wanneer wordt uitgegaan van het bodenvocht bij veldcapaciteit. Met behulp van de eerder besproken formule wordt voor deze geleidbaarheid een osmotische waarde gevonden van 1.4 - 2.8 atm.

Hieruit blijkt wel, dat de bloemgewassen in het algemeen zeer zoutgevoelig zijn. De termen "zeer ^{zout} gevoelig", "zoutgevoelig" en "matig zoutgevoelig" van tabel 7 hebben dan ook een andere waarde dan dezelfde termen van tabel 6.

Proeven op het Proefstation te Haalwijk.

Op het Proefstation te Haalwijk zijn met verschillende kasteelten proeven genomen, waarbij aan het irrigatiewater (goed drinkwater met ongeveer 70 p.p.m. chloriden) keukenzout werd toegevoegd (zie Van den Ende, 4). De betreffende grond bevatte 5 % klei, 4 % organische stof en 1 % kalk; de pH was 7. De structuur van de grond was goed en bestendig; de keukenzoutgiften hebben geen structuurverval veroorzaakt.

Toevoeging van 250 p.p.m. keukenzout veroorzaakte bij bloemkool geen opbrengstvermindering, maar wel bij tomaat en druif.^X Bij 500 p.p.m. liep de opbrengstreductie voor de drie gewassen uiteen van 13 % tot 20 % en bij 2000 p.p.m. van 31 % tot 45 %.

De hoeveelheid irrigatiewater was voor de verschillende objecten van elke proef gelijk. De grond was steeds goed vochtig. Tengevolge van de geringe bladgroei en de daarmee gepaard gaande geringere transpiratie is er bij de hogere zoutgiften keukenzout doorgeespoeld. Voor de tomaten-

X) In tegenstelling tot de opgaven van Wilcox (zie tabel 6) bleek de druif bij deze proeven gemiddeld niet zoutgevoeliger dan de ^{en de bloemkool} tomaat. De druivenproef was echter van korte duur (één oogst). Bij dit meerjarige gewas zal met een nawerking van zout rekening moeten worden gehouden.

proef was deze doorspoeling bij 2000 en 4000 p.p.m. resp. 7 % en 45 %.

Voor de tomaat correspondeerde 50 % opbrengstreductie met een keukenzoutgehalte (bepaald op basis van het chloorion) van de grond van 0.14 %. Bij een vochtgehalte van 20 % (ongeveer de veldcapaciteit van de betrokken grond) komt dit neer op een keukenzoutgehalte van het bodemvocht van 0.70 %, ofwel op een osmotische waarde van 5.4 atm.

Wilcox (zie tabel 6) geeft aan, dat voor de tomaat 50 % opbrengstreductie correspondeert met een geleidbaarheid van het versadigingsextract van ± 7 millimho's, ofwel met ± 14 millimho's wanneer wordt uitgegaan van het bodemvocht bij veldcapaciteit. Met behulp van de eerder besproken formule wordt voor deze geleidbaarheid een osmotische waarde gevonden van 5.0 atm. Daar voor de tomatenproef 5.4. atm. werd berekend, is er dus een zeer bevredigende overeenstemming.

In de grond toelaatbare keukenzoutgehalten.

Van den Ende vond, dat om een belangrijke opbrengstdaling te ontgaan het keukenzoutgehalte van de grond voor druif, tomaat en bloemkool niet hoger mag zijn dan 0.025%. Dit grensgehalte was op het Proefstation te Haaldwijk, door jarenlange ervaringen met chemisch grondonderzoek overigens reeds vrij goed bekend. Het keukenzoutgehalte wordt door dit proefstation bepaald op basis van het chloorion. De omrekening van Cl op NaCl vindt haar oorsprong in de chemische samenstelling van het zeewater, waarin 87 % van de anionensom wordt uitgemaakt door Cl en 84 % van de kationensom door Na. In Nederland wordt er bij de kasteelten niet bemest met kaliumchloride of andere chloriden.

Het genoemde grensgehalte geldt voor gronden met een matig kleigehalte en ± 5 % organische stof. Bij toenemende gehalten aan organische stof nemen ook de toelaatbare keukenzoutgehalten tot (zie tabel 8). Dit berust op een afname van het droog volumegewicht van de grond (het keukenzoutgehalte wordt uitgedrukt op de droge grond) en op een toename van het waterhoudend vermogen. Ook het kleigehalte van de grond beïnvloedt de toelaatbare keukenzoutgehalten. De invloed van de klei is geringer dan die van de organische stof en bij een hoog gehalte aan organische stof is zij zelfs verwaarloosbaar.

Tabel 8. In de grond toelaatbare keukenzoutgehalten bij uiteenlopende gehalten aan organische stof.

Organische stof ^x	Keukenzout ^x
5 %	0.025 %
10 %	0.035 %
15 %	0.045 %
25 %	0.065 %
35 %	0.085 %

De gegevens van tabel 8 kunnen worden vergeleken met enkele Duitse en Franse opgaven. De Duitse schadelijkheidscijfers van Schneider worden door Lindemann en Ludwig (9) voor bloemkool en tomaat bij 10 - 15 % organische stof gegeven als resp. 0.02 % en 0.02 - 0.03 %. Deze cijfers zijn dus lager dan de Nederlandse. Gese en Servat (6) vermelden, dat voor de druif de schadelijkheidsgrens afhankelijk van de omstandigheden is gelegen bij 0.01 - 0.10 %. Ook deze Franse onderzoekers hebben dus wel lagere grensgehalten gevonden.

Berekening van de zoutbalans van de grond (keukenzout als voorbeeld).

De benodigde hoeveelheid irrigatiewater bedraagt voor de kasteelten in Nederland ongeveer 500 mm per jaar. Wanneer het water 500 p.p.m. keukenzout bevat en het zout zich verdeelt over een 60 cm dikke grondlaag met een droog volumegewicht van 1.1, volgt hieruit een stijging van het keukenzoutgehalte van de grond van 0.036 %. Door de zoutopname van het gewas zal de werkelijke stijging echter geringer zijn.

Spithoet (12) vond voor de tomaat bij een opbrengst van 150 ton een Cl-opname van 300 kg per ha. Het Cl-gehalte van blad, stengel en vrucht was hierbij resp. 2.8, 2.1 en 0.9 % van de droge stof. Er zijn wel hogere Cl-gehalten gevonden, echter nooit bij een dergelijk hoge opbrengst. Bij een op het meergenoemde proefstation genomen proef, waarbij aan het irrigatiewater 2000 p.p.m. keukenzout werd toegevoegd, bedroeg het Cl-gehalte van blad en vrucht resp. 3.6 en 1.1 %. Tengevolge van de door de keukenzouttoevoeging veroorzaakte opbrengstdaling overschreed de Cl-opname echter niet de 300 kg. Deze hoeveelheid zal als een maximale moeten worden gezien.

^x)uitgedrukt op basis van de droge grond.

Bij de in Nederland gebruikelijke teeltduur is de benodigde hoeveelheid irrigatiewater voor de tomaat ongeveer 350 mm. Wanneer de gewassen die als voor- en nateelt worden gebezigd, in verhouding tot de hoeveelheid irrigatiewater evenveel Cl ophemen als de tomaat, wordt aldus een maximale Cl-opname gevonden van $\pm 430 \text{ kg} \left(\frac{500 \text{ mm}}{350 \text{ mm}} \times 300 \text{ kg} \right)$ per jaar.

Voor de tomaat blijft de opname van Na belangrijk bij die van Cl ten achter. Wanneer de Cl-opname desniettegenstaande als maat wordt genomen voor de vermindering van het keukenzoutgehalte van de grond, kan de eerder besproken stijging van dit gehalte door de opname van het gewas met maximaal 0.011 % per jaar worden beperkt. Rekening houdend met deze waarde bedraagt die stijging dus geen 0.038 % maar 0.027 %. In tabel 9 is het een en ander nader uitgewerkt.

tabel 9. Toename van het keukenzoutgehalte van de grond bij uiteenlopende keukenzoutgehalten van het irrigatiewater^x.

NaCl-gehalte irrigatiewater	NaCl-gehalte grond
250 p.p.m.	0.008 %
500 p.p.m.	0.027 %
1000 p.p.m.	0.065 %
2000 p.p.m.	0.141 %
4000 p.p.m.	0.293 %

De in tabel 9 vermelde percentages zijn wat hoger dan de percentages die bij de door Van den Ende beschreven proef met tomaten zijn gevonden. Daar tabel 9 betrekking heeft op een tomatenteelt met voor- of nateelt, is dit verschil verklaarbaar. Zoals bij genoemde proef gebleken is, zal een stijging van 0.293 % zich echter in de praktijk niet voordoen. Bij een keukenzoutgehalte van het irrigatiewater van 4000 p.p.m. wordt de bladgroei en daarmee de benodigde hoeveelheid irrigatiewater namelijk sterk gereduceerd.

De berekening van de in tabel 9 vermelde percentages kan ook worden getoetst met enkele op het Proefstation te Naaldwijk genomen proeven met druppelbevloeiing. Tomaten werden hierbij geïrrigeerd met

x bij 500 mm irrigatiewater; 60 cm dikke grondlaag met een droog volumegewicht van 1.1; opname gewas equivalent met 0.011 %.

water, waaraan voedingszouten werden toegevoegd in concentraties van 0.25 en 1 atm. Bij de beëindiging van de proeven bedroeg de osmotische waarde van het bodenvocht resp. 1.2 en 2.7 atm. De verhoging van de osmotische waarde van het irrigatiewater met 0.75 atm. veroorzaakte dus in het bodenvocht een stijging van 1.5 atm.

Voor keukenzout correspondeert 0.75 atm. met 980 p.p.m. Op basis van tabel 9 en van de omstandigheden^x bij de druppelbevloeiingsproeven kan voor 980 p.p.m. keukenzout in het irrigatiewater een stijging van het keukenzoutgehalte van de grond van 0.041 % worden berekend. Dit komt overeen met 0.205 % in het bodenvocht bij veldcapaciteit, ofwel met een osmotische waarde van 1.6 atm. Daar voor de voedingszouten 1.5 atm. werd gevonden, is er dus een zeer bevredigende overeenstemming.

Zoals bij de kasteelten in westelijk Nederland gebruikelijk is, werd bij de druppelbevloeiingsproeven de vochtigheid van de grond op veldcapaciteit gehouden. De wortels reikten tot een diepte van 60 cm. De osmotische waarde van het bodenvocht werd bepaald in de lagen 0-10, 10-20.....en 50 -60 cm. Zij was over deze gehele diepte vrijwel gelijk. Bij een in verschillende klassen ingestelde onderzoek werd ook voor keukenzout gevonden, dat het gelijkmatig over de bewortelde grondlaag was verdeeld.

Wanneer de grond op veldcapaciteit is, zakt er uit de bewortelde laag hoegenaamd geen water. De verdeling van de zouten wijst hier eveneens op. Wanneer de doorspoeling wel van belang zou zijn, zou het zoutgehalte onderin de bewortelde laag namelijk hoger moeten zijn dan bovenin.

Uit het voorgaande blijkt, dat de stijging van het keukenzoutgehalte van de grond ^{met} 0.027 % per jaar, die in tabel 9 wordt gegeven voor irrigatiewater met 500 p.p.m. keukenzout, zeer reëel is. Wanneer de grond aan het begin van het teeltseizoen met dergelijk water wordt doorgespoeld, zal zij echter reeds minimaal 0.010 % bevatten (vochtgehalte bij veldcapaciteit 20 %). Hiervan uitgaande zal het keukenzoutgehalte van

x 300 mm irrigatiewater met voedingszouten; droog volumegewicht van de grond 1.2; vochtgehalte bij veldcapaciteit 20 %.

de grond dus stijgen van 0.010 % naar 0.037 %, waarmede het voor matig zoutgevoelige gewassen geldende grensgehalte van 0.025 %^x belangrijk wordt overschreden.

Doorspoeling van de grond. =====

Om het zoutgehalte van de kasgrond te verlagen wordt deze in Nederland aan het begin van het teeltseizoen zo nodig doorgespoeld. Tijdens de teelt is de doorspoelingsmogelijkheid in verband met een te grote vochtigheid van de grond zeer beperkt. Dit is ook bij de door Van den Ende beschreven proeven gebleken, terwijl de betrokken grond toch een zeer goede doorlatendheid en een ideale drainage (proeven genomen in bakken met onderin een laag grint) bezat. Voor de zavelgronden en licht^e kleigronden, waar^{op} de kassen zich in hoofdzaak bevinden, is de irrigatie, waar^{bij} de grond op veldcapaciteit wordt gehouden, in het algemeen niet all^en de optimale maar ook de maximale. Alleen op zeer goed doorlatende gronden kan er tijdens de teelt iets worden doorgespoeld.

Duinsandgronden met weinig of geen klei en organische stof bezitten een dergelijk goede doorlatendheid. Door een tweetal eigenschappen van het sand is de watervoorziening en daarmede ook de versouting hier echter afwijkend van die op de zavel- en lichte kleigronden. Enerzijds kan en moet er, in verband met het geringe waterhoudend vermogen, een hoge grondwaterstand -- ongeveer 60 cm diep -- worden aangehouden. Anderzijds behoeft er bij deze grondwaterstand door de snelle capillaire opstijging van het sand minder te worden geïrrigeerd.

Het laatste heeft tot gevolg, dat het zoutgehalte bovenin de teeltlaag wat sterker toeneemt dan onderin. Door aan het begin van het teeltseizoen door te spoelen wordt dit verschil echter weer opgeheven.

Wanneer de waterkwaliteit tijdens de doorspoelperiode guntiger is dan tijdens de teelt, dan is het versoutingsbezwaar voor de omschreven

x Bij de berekeningen^x van de stijging van het keukenzoutgehalte van de grond is uitgegaan van gronden met een droog volumegewicht van 1.1; in westelijk Nederland is dit volumegewicht representatief voor gronden met ± 5 % organische stof.

duinzandgronden geringer dan voor de zavel- en lichte kleigronden. Bij gelijkblijvende waterkwaliteit maakt het verzoutingsbeswaar weinig verschil. Het grondwater dat tijdens de teelt opstijgt, heeft namelijk geen lager zoutgehalte dan het water, waarmede werd doorgespoeld.

In tegenstelling tot de kasgrond kan de grond van potplanten vaak wel tijdens de groeiperiode worden doorgespoeld. Bij een wat hoog zoutgehalte van het irrigatiewater neemt het zoutgehalte van de potgrond -- door een ongunstige verhouding tussen evapotranspiratie en het grondvolume -- echter zeer sterk toe. De mogelijkheid van doorspoeling tijdens de groeiperiode is in dit geval dus ook wel zeer noodzakelijk.

De voor de doorspoeling van de kasgrond meest gunstige tijd valt na de beëindiging van de hoofdteelten. Voor de gestookte kassen is dit vooral de maand augustus en voor de niet- gestookte kassen de maand oktober.

De doorspoeling brengt verschillende nadelen met zich mede, zoals:
 uitspoeling van voedingsstoffen
 structuurbederf van de grond
 doorspoeling kost tijd en geld.

Op het gebied van de watertoediening heeft zich enkele jaren geleden een snelle omwenteling voorgedaan, waarbij de gietslang werd vervangen door de beregeningsinstallatie. Beregening heeft de voordelen, dat zij minder arbeid vraagt en dat zij de structuur van de grond minder bederft.

Na doorspoeling moet de grond, alvorens zij kan worden bewerkt en beplant, eerst voldoende opdrogen. De tijd die dit opdrogen vraagt, is oorzaak dat de eerder genoemde maanden voor de doorspoeling veelal de meest gunstige zijn. Het tijdstip van deze maatregel moet passen in de teelschema's, die zijn aangepast aan het prijsverloop op de Europese markt. Verlating van de oogst brengt gewoonlijk groot financieel nadeel met zich mede.

Hoewel het zoutgehalte van het water in de kanalen en sloten in de winter lager is dan in het najaar, is de winter voor de doorspoeling toch minder geschikt. Temeer daar de grond in dit jaargetijde na doorspoeling lang nat en koud blijft.

Zoals in de Inleiding reeds werd opgemerkt kunnen de mogelijkheden van doorspoeling worden beperkt door een geringe doorlatendheid van de grond en door een hoge grondwaterstand. Daar de kasgronden door middel van aarden buizen intensief zijn gedraineerd, zijn de eventuele bezwaren

in dit opzicht echter reeds tot een minimum teruggebracht. De onderlinge afstand tussen de buizenreeksen bedraagt, in overeenstemming met daartoe verricht onderzoek, 3 - 9 meter. Deze variatie in drainreeksafstand houdt verband met de diepte, waarop de buizen kunnen worden gelegd, en met de doorlatendheid van de grond.

Invloed van ^{de} bemesting.

Spithogst vond voor de tomaat een opname van 400 kg N, 140 kg P_2O_5 , 750 kg K_2O en 150 kg MgO per ha. Hieruit blijkt wel, dat de bemestingsfouten een onvermijdelijke verhoging van de osmotische waarde van het bodemvocht met zich mede brengen. Ter beperking van deze verhoging worden door de telers verschillende maatregelen genomen.

In de eerste plaats betreft dit het gebruik van kunstmeststoffen, die weinig of geen ballastionen bevatten. Vandaar dan ook dat kaliumchloride, zoals reeds werd vermeld, bij de kasteelten niet wordt toegepast. Voor een zeer zoutgevoelig gewas, zoals de sla, wordt de stikstof vaak gegeven in de vorm van gedroogd bloed of een andere organische stikstofmeststof. Deze meststoffen zijn duur, maar ze hebben het voordeel dat de stikstof geleidelijk in ionenvorm vrijkomt.

Ten tweede wordt bij een gewas, zoals de tomaat, niet de gehele mestgift vooraf gegeven, maar wordt een belangrijk deel hiervan door herhaalde overbemestingen toegediend.

Tenslotte laten de telers de kasgrond regelmatig chemisch onderzoeken. Door dit onderzoek kan worden voorkomen dat enerzijds te weinig en anderzijds te veel mest wordt gegeven. Het onderzoek dat wordt uitgevoerd op het Proefstation te Naaldwijk, omvat twaalf bepalingen, welke zich laten indelen in de volgende rubrieken:

voedingstoestand:	stikstof, fosfor, kali, magnesium, mangaan
kalktoestand	: kalk, pH, ijzer, aluminium
zouttoestand	: geleidbaarheid, keukenzout (op basis van Cl)
	: organische stof.

Het is algemeen gebruikelijk om de kasgrond jaarlijks op genoemde grootheden te laten onderzoeken. De grondbemonstering hiertoe vindt plaats bij de beëindiging van de hoofteelten. De cijfers voor geleidbaarheid en keukenzout worden benut om vast te stellen of doorspoelen al of niet noodzakelijk is.

De telers zijn er de laatste jaren in snel tempo toe overgegaan om de grond ^{ook} één of meerdere keren tijdens de teelt te laten onderzoeken. Er wordt hierbij volstaan met de bepalingen van stikstof, kali en geleidbaarheid. Zoals uit de naam van deze vorm van onderzoek -- overbestedings-onderzoek -- kan blijken, wordt zij toegepast om de overbesteding nauwkeuriger te kunnen vaststellen. Bij het regelmatige overbestedingsonderzoek wordt ^{van}zelf rekening gehouden met eventueel in het irrigatiewater aanwezige stikstof en kali. Maar deze hoeveelheden gewoonlijk maar klein zijn, is dit echter niet van groot gewicht.

Organische mest wordt bij de kasteelten op ruime schaal toegepast. Een gift van 100 ton stalmest of ander organisch materiaal per ha en per jaar is algemeen gebruikelijk. Organische mest is gunstig ter instandhouding en verbetering van de structuur en daarmee ook van de doorlatendheid van de grond. Voorts vergroot zij het waterhoudend vermogen van de grond, waardoor bij een gelijkblijvende zouthoeveelheid de osmotische waarde van het bodenvocht iets wordt verlaagd. Hier[~] staat tegenover, dat organische mest altijd wat ballastionen bevat.

Veel kasgronden bevatten een ruime kalkvoorraad. Op de betekenis hiervan voor de verzouting werd reeds gewezen. Kasgronden met een relatief lage kalktoestand worden regelmatig bekalkt.

T Invloed van de evapotranspiratie. =====

Bij toene[~]mende evapotranspiratie neemt ook het verzoutingsbezwaar toe. Dit wordt enerzijds veroorzaakt doordat de noodzakelijk grotere watergift de grond sneller doet verzouten en anderzijds doordat de planten meer van het zout te lijden hebben.

Bij de kasteelten wordt de evapotranspiratie voornamelijk bepaald door de invallende zonnestraling. Dit is speciaal in de zomer het geval, het jaargetijde dus met het grootste waterverbruik. De instraling kan worden beperkt door schermen (glas krijten). Deze maatregel wordt voor orchideeën en andere weinig lichtbehoeftige potplanten inderdaad toegepast. Voor lichtbehoeftige gewassen is het schermen (niet- regenvast krijt) alleen op zijn plaats bij plotselinge overgangen van donker naar zeer zonnig weer. Het gewas is dan in de gelegenheid zich aan de veranderde omstandigheden aan te passen. Continu schermen leidt voor lichtbehoeftige gewassen, zoals de tomaat, tot sterke opbrengstdaling (zie: Bewley, 2; Gardner, 5).

De verdamping van de kasgrond is -- tengevolg^l van de overdekking door het gewas -- slechts gering. De transpiratie van het gewas is dus maar weinig kleiner dan de evapotranspiratie. Het heeft daaron geen zin om te trachten de verdamping van de grond te beperken, temeer daar de transpiratie en daarmee de zoutgevoeligheid van het gewas ^{iets} zou toenemen. Maatregelen die in dit verband zouden worden getroffen, zouden bovendien de irrigatie en de bemesting belemmeren.

Rasgevoeligheid.

De verschillende rassen van eenzelfde gewas zijn niet alle even zoutgevoelig. Dit blijkt ook uit de literatuurbespreking van Hayward en Bernstein. Volgens hen zijn voor de groentegewassen de verschillen in rasgevoeligheid echter gering.

Ten behoeve van de kasteelten wordt in Nederland regelmatig naar nieuwe rassen gezocht. Of een nieuwe ras al of niet in de praktijk zal aanslaan, wordt uiteraard mede bepaald door zijn zoutgevoeligheid. De snelle opgang van het slaras Proeftuins Blackpool^l enkele jaren geleden, is zo onder andere te danken geweest aan zijn geringere gevoeligheid voor het zand dan de tot dusverre gebozigde rassen.

Literatuur.

1. Van den Berg, C.: De reactie van landbouwgewassen op het zoutgehalte van de bodem. Versl. Landbouwk. Onders. 56, 16 (1950).
2. Bewley, W.F.: Commercial glasshouse crops. Country Life Limited, London (1950).
3. Van Dam, J.G.C.: The influence of salt on the chief vegetable crops. Meth. J. Agr. Sc. 3:1-14 (1955).
4. Van den Ende, J.: De invloed van zout gietwater op de ontwikkeling van verschillende gewassen onder glas. Meded. Dir. Tuinb. 15:884-903 (1952).
5. Gardner, R.: Tomato shading has become a factor of some doubt. Commercial Grower, August 5 (1960).
6. Gese, B et E. Servat: Sur les sols salins d'origine continentale de la plaine Languedocienne. Fourth Intern. Congress of Soil So. 1:394-396 (1950).
7. Hayward, H.E. and L. Bernstein: Plant-growth relationships on salt-

affected soils. Bot. Review 24:584-635 (1958).

8. Hayward, H.E. and C.H. Wadleigh: Plant growth on saline and alkali soils. Adv. in Agronomy 1:1-38 (1949).
9. Lindemann, A und A. Ludwig: Richtige Düngung durch Bodenuntersuchung. ~~Verlag~~ ^{Verlag} Paul Parey, Hamburg (1957).
10. Pearson, G.A.: Tolerance of crops to exchangeable sodium. U.S.D.A., Agr. Information Bull. 216 (1960).
11. Penningsfeld, F.: Die Ernährung im Bluten- und ^z ~~Lierp~~ ^a ~~flanzenbau~~. Verlag Paul Parey, Hamburg (1960).
12. Spithout, L.S.: De onttrekking aan de grond van minerale voedingsstoffen door de tomat. Proefstation voor de Groente- en Fruitteelt onder Glas, Jaarverslag 1959: 29-31.
13. U.S. Salinity Laboratory Staff: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A., Agr. Handbook 60 (1954).
14. Wilcox, L.V.: Classification and use of irrigation waters. U.S.D.A., Circ. 969 (1955).
15. Wilcox, L.V.: Boron injury to plants. U.S.D.A., Agr. Information Bull. 211 (1960).